

## Method for operating an internal combustion engine

**Patent number:** DE19830300

**Publication date:** 2000-01-13

**Inventor:** MALLEBREIN GEORG (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**


- international: F02D21/08; F02B47/08; F02M25/07; F02M25/08


- european: F02B47/08; F02D21/08B; F02D35/00D6; F02D41/14B;  
F02D41/18


**Application number:** DE19981030300 19980707

**Priority number(s):** DE19981030300 19980707

**Also published as:**

 US6247457 (B1)

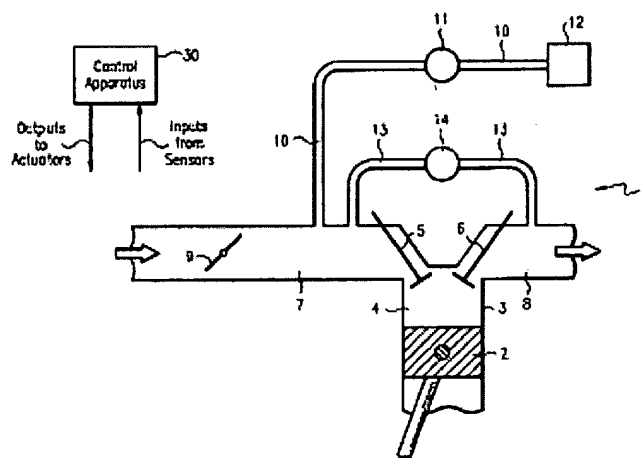
 JP2000038960 (A)

 GB2339307 (A)

Abstract not available for DE19830300

Abstract of corresponding document: **US6247457**

An internal combustion engine (1) has a throttle flap (9) via which the air is supplied to an intake manifold (7). An exhaust-gas recirculation (13, 14) is provided via which the exhaust gas is recirculated from an exhaust-gas pipe (8) to the intake manifold (7). A control apparatus is provided for open-loop and/or closed-loop controlling the engine. With the control apparatus, the gas mixture in the intake manifold (7) can be subdivided into a fresh gas component (rffgabg), an inert gas component (rffigabg) and a fuel gas component (rffcabg)



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 30 300 C 2

51 Int. Cl. 7:  
F 02 D 21/08  
F 02 B 47/08  
F 02 M 25/07  
F 02 M 25/08

21 Aktenzeichen: 198 30 300.9-13  
22 Anmeldetag: 7. 7. 1998  
43 Offenlegungstag: 13. 1. 2000  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 5. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
  
74 Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

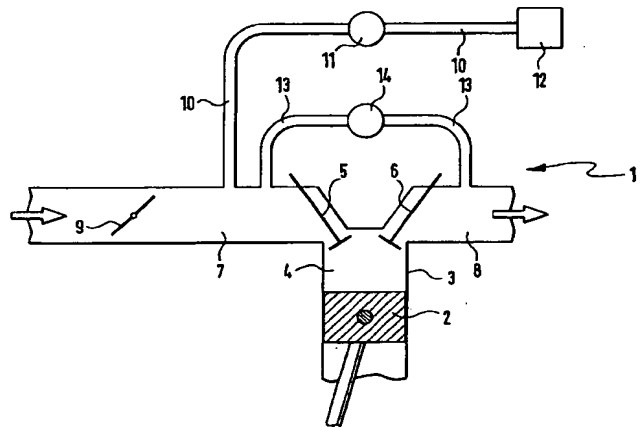
72 Erfinder:  
Mallebrein, Georg, 70825 Korntal-Münchingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 196 12 739 A1  
DE 195 41 176 A1  
DE 43 33 424 A1  
DE 42 32 044 A1  
DE 42 22 414 A1  
DE 40 17 547 A1  
DE 39 03 474 A1

54 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

57 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei Luft über eine Drosselklappe (9) einem Ansaugrohr (7) zugeführt und Abgas von einem Abgasrohr (8) über eine Abgasrückführung dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Gasgemisch in dem Ansaugrohr (7) zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine (1) in einen Frischgasanteil (rfgabg), einen Inertgasanteil (rfigabg) und einen Brenngasanteil (rfh cabg) aufgeteilt wird.



DE 198 30 300 C 2

DE 198 30 300 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei bei der Brennkraftmaschine Luft über eine Drosselklappe einem Ansaugrohr zugeführt und Abgas von einem Abgasrohr über eine Abgasrückführung dem Ansaugrohr rückgeführt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einer Drosselklappe, über die Luft einem Ansaugrohr zuführbar ist, mit einer Abgasrückführung, über die Abgas von einem Abgasrohr dem Ansaugrohr rückführbar ist, und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine. Eine Diesel-Brennkraftmaschine dieser Art ist aus der DE 43 33 424 A1 bekannt.

Die Anforderungen an eine moderne Brennkraftmaschine im Hinblick auf eine Reduktion des verbrauchten Kraftstoffs und der ausgestoßenen Abgase bzw. der darin enthaltenen Schadstoffe werden immer höher. Dies ist gleichbedeutend mit dem Ziel, die Verbrennung in dem Brennraum der Brennkraftmaschine zu verbessern, insbesondere eine möglichst vollständige Verbrennung zu erreichen. Zum Zwecke der Stickoxidreduzierung wird das aus dem Brennraum ausgestoßene Abgas zur weiteren bzw. erneuten Verbrennung in das Ansaugrohr und damit in den Brennraum zurückgeführt.

Dies kann mittels einer externen Abgasrückführung durchgeführt werden, bei der ein steuerbares Abgasrückführventil in einer Abgasrückföhrleitung eingebracht ist, mit dem die Menge des rückzuföhrnden Abgases eingestellt werden kann. Beispielfhaft wird hierzu auf die DE 40 17 547 A1 verwiesen.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, eine interne Abgasrückführung vorzusehen, bei der ein Einlaßventil der Brennkraftmaschine derart gesteuert wird, daß es zumindest für eine kurze Zeitdauer während der Ausstoßphase der Brennkraftmaschine geöffnet ist. Während dieser Zeitdauer kann Abgas aus dem Brennraum in das Ansaugrohr gelangen, was letztlich eine Abgasrückführung darstellt.

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung des Betriebs der Brennkraftmaschine besteht darin, den Ablauf der in dem Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgenden Verbrennung genau zu erfassen, um ihn dann insbesondere bei der Zumessung des Kraftstoffs in den Brennraum berücksichtigen zu können. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, besteht darin, daß die Brennkraftmaschine und insbesondere der Ablauf der Verbrennung in dem Brennraum als Modell abgebildet wird. Unter einem Modell wird in diesem Fall eine Art Motorbeobachter verstanden. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß die in dem Brennraum vorhandenen Bedingungen in jedem Zeitpunkt aus dem Modell entnommen oder abgeleitet werden können. In Abhängigkeit davon können die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, beispielsweise die zuzumessende Kraftstoffmasse, optimal ermittelt und eingestellt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, das eingangs genannte Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Hilfe eines Modells zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gasgemisch in dem Ansaugrohr zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine in einen Frischgasanteil, einen Inertgasanteil und einen Brenngasanteil aufgeteilt wird. Bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß durch das Steuergerät das Gasgemisch in dem Ansaugrohr zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine in einen Frischgasanteil, einen Inertgasanteil und einen Brenngasanteil aufteil-

bar ist.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß das dem Brennraum zugeführte Gasgemisch nicht nur aus Luft besteht, sondern daß dieses Gasgemisch einen Frischgasanteil, einen Inertgasanteil und einen Brenngasanteil aufweist. Unter Frischgas wird dabei ein Gas verstanden, das für eine Verbrennung erforderlich ist, also beispielsweise Sauerstoff. Unter Inertgas wird ein Gas verstanden, das nicht brennbar ist, also beispielsweise Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid. Und unter Brenngas wird ein Gas verstanden, das beispielsweise aus Kraftstoffdampf besteht.

Diese Aufteilung in die Anteile des Gasgemisches wird bei der Ermittlung eines Modells der Brennkraftmaschine für das dem Ansaugrohr zugeführte Gasgemisch angewendet. Es wird also das dem Ansaugrohr zugeführte Gasgemisch in den genannten Frischgasanteil, Inertgasanteil und Brenngasanteil aufgeteilt. Auf der Grundlage dieser Aufteilung wird dann das Modell der Verbrennung in dem Brennraum der Brennkraftmaschine gebildet.

Durch die erfindungsgemäße Aufteilung des dem Ansaugrohr zugeführten Gasgemisches in die genannten Anteile ist es möglich, ein genaues Modell der Föllung in dem Ansaugrohr zu ermitteln. Ungenauigkeiten der Modellbildung werden damit vermieden. Ebenfalls ist es möglich, die einzelnen Anteile des Abgases separat weiterzuverarbeiten. Auch hierdurch wird die Genauigkeit weiter erhöht. Insbesondere können beispielsweise der Frischgasanteil in dem Abgas mit dem Frischgasanteil der über die Drosselklappe zugeführten Luft separat verknüpft werden. Auf diese Weise werden Ungenauigkeiten vermieden, die bei einer Verknüpfung der zugeführten Luft mit dem gesamten rückgeführten Abgas entstehen würden.

Mit Hilfe des Modells, insbesondere mit Hilfe der modellierten Föllung in dem Ansaugrohr der Brennkraftmaschine, kann unter anderem auf den Ablauf der Verbrennung in dem Brennraum geschlossen werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, den einzuspritzenden Kraftstoff und/oder die über die Drosselklappe zufließende Luft und/oder die Abgasrückföhrtrate genauer als bisher zu bestimmen, was unter anderem eine Verringerung der erzeugten Abgase und damit auch der ausgestoßenen Schadstoffe zur Folge hat.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Abgas von dem Abgasrohr über eine externe Abgasrückführung dem Ansaugrohr rückgeführt, und es wird die externe Abgasrückführung durch jeweils eine auf den Frischgasanteil, den Inertgasanteil und den Brenngasanteil einwirkende erste Totzeit berücksichtigt. Bei einer alternativen oder zusätzlichen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Abgas von dem Abgasrohr über eine interne Abgasrückführung dem Ansaugrohr rückgeführt, und es wird die interne Abgasrückführung durch jeweils eine auf den Frischgasanteil, den Inertgasanteil und den Brenngasanteil einwirkende zweite Totzeit berücksichtigt. Auf diese einfache Weise ist es möglich, die Zeitdauer in das ermittelte Modell einzubringen, die das aus dem Brennraum ausgestoßene Abgas benötigt, um von dem Abgasrohr bzw. aus dem Brennraum zu dem Ansaugrohr zu gelangen.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Menge des über die externe Abgasrückführung rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Abgasrückführventils ermittelt, und/oder es wird die Menge des über die interne Abgasrückführung rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Einlaßventils ermittelt. Damit ist es möglich, für das Modell die Menge des über die externe Abgasrückführung rückgeführten Abgases aus der Steuerung des Abgasrückführventils zu berechnen. Entsprechend ist es möglich, aus der Steuerung des Einlaßventils auf die Menge des über die interne Abgas-

rückführung rückgeführten Abgases zu schließen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird Regeneriergas von einer Tankentlüftung dem Ansaugrohr zugeführt, und es wird das Regeneriergas in einen Frischgasanteil und einen Brenngasanteil aufgeteilt. Die Tankentlüftung stellt eine weitere Maßnahme dar, mit der weniger Schadstoffe an die Luft abgegeben und gleichzeitig Kraftstoff eingespart werden soll. Der im Kraftstofftank zumindest in einem gewissen Umfang verdampfende Kraftstoff wird nicht mehr ins Freie abgegeben, sondern wird stattdessen aufgefangen und dem Ansaugrohr und damit der Verbrennung zugeführt. Erfindungsgemäß wird nun auch dieses aus dem Kraftstofftank entstammende Regeneriergas in die genannten Anteile aufgeteilt. Im Unterschied zu dem rückgeführten Abgas enthält das Regeneriergas jedoch keinen Inertgasanteil, sondern nur einen Frischgasanteil und einen Brenngasanteil.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die Frischgasanteile der externen Abgasrückführung und der Tankentlüftung addiert, und es werden die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung und der Tankentlüftung addiert. Es werden erfindungsgemäß also die korrespondierenden Anteile des rückgeführten Abgases und des Regeneriergases addiert. Die genannten Anteile werden auf diese Weise separat berücksichtigt, was – wie erwähnt – zu einer höheren Genauigkeit des erfindungsgemäßen Modells der Verbrennung führt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Menge des über die Tankentlüftung zugeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Tankentlüftungsventils ermittelt wird.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung wird der Frischgasanteil der über die Drosselklappe zugeführten Luft zu den Frischgasanteilen der externen Abgasrückführung und ggf. der Tankentlüftung hinzuaddiert. Es werden erfindungsgemäß also die korrespondierenden Anteile des rückgeführten Abgases und der zugeführten Luft addiert. Die genannten Anteile werden auf diese Weise separat berücksichtigt, was – wie erwähnt – zu einer höheren Genauigkeit des erfindungsgemäßen Modells der Verbrennung führt.

Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Ansaugrohr durch jeweils eine auf die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der Abgasrückführung und der über die Drosselklappe zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung einwirkende Totzeit berücksichtigt. Auf diese einfache Weise ist es möglich, die Durchströmzeit durch das Ansaugrohr in das ermittelte Modell einzubringen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung und der über die Drosselklappe zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung und die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der internen Abgasrückführung jeweils addiert. Es werden erfindungsgemäß also die korrespondierenden Anteile des rückgeführten Abgases und der zugeführten Luft addiert. Die genannten Anteile werden auf diese Weise separat berücksichtigt, was – wie erwähnt – zu einer höheren Genauigkeit des erfindungsgemäßen Modells der Verbrennung führt.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr mit Hilfe von Brenngleichungen aus den Frischgasanteilen, den Inertgasanteilen und den Brenngasanteilen des Gasgemisches im Ansaugrohr ermittelt. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr mit Hilfe von Sensoren ermittelt werden, die insbesondere im Abgasrohr angeordnet

sind. Auf diese Weise wird die Verbindung hergestellt von dem Gasgemisch im Ansaugrohr über den Brennraum der Brennkraftmaschine zu dem Abgas im Abgasrohr.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Read-Only-Memory.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Modells zur Ermittlung der Anzahl der dem Ansaugrohr der Brennkraftmaschine der Fig. 1 zufließenden und abfließenden Teilchen und

Fig. 3 zeigt ein weiteres, schematisches Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Modells der Fig. 2 zur Aufspaltung der Teilchenströme in Frischgas, Inertgas und Brenngas.

In der Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, der unter anderem durch den Kolben 2, ein Einlaßventil 5 und ein Auslaßventil 6 begrenzt ist. Mit dem Einlaßventil 5 ist ein Ansaugrohr 7 und mit dem Auslaßventil 6 ist ein Abgasrohr 8 gekoppelt. Ebenfalls sind dem Brennraum 4 ein Einspritzventil und eine ggf. Zündkerze zugeordnet.

Im dem Ansaugrohr 7 ist eine drehbare Drosselklappe 9 untergebracht, über die dem Ansaugrohr 7 Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe 9.

Zwischen der Drosselklappe 9 und dem Brennraum 4 mündet eine Tankentlüftungsleitung 10 in das Ansaugrohr 7. Die Tankentlüftungsleitung 10 ist über ein Tankentlüftungsventil 11 mit einem Aktivkohlefilter 12 verbunden. Über die Tankentlüftungsleitung 10 kann Regeneriergas, das in einem Kraftstofftank des Kraftfahrzeugs verdampft und in dem Aktivkohlefilter 12 aufgefangen worden ist, dem Ansaugrohr 7 zugeführt werden. Die Menge des zugeführten Regeneriergases ist abhängig von der Stellung des Tankentlüftungsventils 11.

Vom dem Abgasrohr 8 führt eine Abgasrückführleitung 13 zurück zu dem Ansaugrohr 7, wo sie zwischen der Drosselklappe 9 und dem Brennraum 4 in dieselbe mündet. Über die Abgasrückführleitung 12 kann Abgas aus dem Abgasrohr 8 in das Ansaugrohr 7 rückgeführt werden. In der Abgasrückführleitung 13 ist ein Abgasrückführventil 14 eingebracht, von dessen Stellung die Menge des rückgeführten Abgases

abhängig ist.

Anhand der Fig. 2 wird nachfolgend erläutert, wie die Anzahl der dem Ansaugrohr 7 zufließenden und abfließenden Teilchen mittels eines Modells ermittelt werden kann. Diese Anzahl kann dann in der Darstellung des Modells nach der Fig. 3 weiterverwendet werden.

Die in der Fig. 2 verwendeten Bezeichnungen sind im Anhang 1 erläutert. Die zu der Fig. 2 zugehörigen Gleichungen sind im Anhang 2 angegeben.

Bei einem Hub des Kolbens 2 in dem Zylinder 3 während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine 1 wird dem Ansaugrohr 7 die Teilchenanzahl  $N_{zylneu}$  entnommen. Diese ergibt sich aus der Subtraktion der Teilchenzahl  $N_{zylrig}$  von der Teilchenzahl  $N_{zylges}$ .

Bei der Teilchenzahl  $N_{zylges}$  handelt es sich um diejenige Teilchenzahl, die der Kolben 2 aufgrund des maximal vorhandenen Volumens des Brennraums 4 aus dem Ansaugrohr 7 ansaugen könnte. Das maximal vorhandene Volumen des Brennraums 4 ist abhängig von dem Hubvolumen  $V_{hub}$  des Kolbens 2 und dem Totvolumen  $V_{tot}$ , das der Brennraum 4 aufweist. Die Teilchenzahl  $N_{zylges}$  kann über die allgemeine Gasgleichung berechnet werden, wobei die Temperatur  $t_{bras}$  im Brennraum 4 bei schließendem Einlaßventil 5 und der Druck  $p_{saug}$  im Ansaugrohr 7 zu berücksichtigen ist.

Bei der Teilchenzahl  $N_{zylrig}$  handelt es sich um diejenige Teilchenzahl, die als Totvolumen in dem Brennraum 4 verblieben ist, und von dem Kolben 2 deshalb nicht aus dem Ansaugrohr 7 angesaugt wird, da diese Teilchenzahl – wie gesagt – noch von der letzten Verbrennung in dem Brennraum 4 des Zylinders 3 vorhanden ist. Die letztgenannte Teilchenzahl  $N_{zylrig}$  hängt von dem Totvolumen  $V_{tot}$  ab, das der Brennraum 4 aufweist. Die Teilchenzahl  $N_{zylrig}$  kann über die allgemeine Gasgleichung berechnet werden, wobei die Temperatur  $t_{bras}$  im Brennraum 4 bei schließendem Auslaßventil 6 und der Druck  $p_{abg}$  im Abgasrohr 8 zu berücksichtigen ist.

Die dem Ansaugrohr 7 entnommene Teilchenzahl  $N_{zylneu}$  wird danach in einen Teilchenstrom  $Nabges$  umgerechnet, also in eine Teilchenzahl pro Zeiteinheit. Hierzu wird die Teilchenzahl  $N_{zylneu}$  mit der Drehzahl  $n_{mot}$  der Brennkraftmaschine 1 multipliziert. Da es sich bei der Brennkraftmaschine 1 um einen Viertaktmotor handelt, und da ein Viertaktmotor nur alle zwei Umdrehungen eine Ansaugphase aufweist, ist die multiplikative Konstante  $K$  vorgesehen. Gleichzeitig wird mit der Konstanten  $K$  eine Umrechnung von Minuten in Sekunden durchgeführt.

Der Teilchenstrom  $Nabges$  kann in die gesamte, aus dem Ansaugrohr 7 abfließende, zu dem Brennraum 4 hinfließende relative Füllung  $r_{fges}$  umgerechnet werden.

Das Abfließen von Teilchen aus dem Ansaugrohr 7 in den Brennraum 4 hat gleichzeitig ein Zufließen von Teilchen in das Ansaugrohr 7 zur Folge. Dabei handelt es sich um den Teilchenstrom  $Nzuges$ .

Der Teilchenstrom  $Nzuges$  kann in die gesamte, in das Ansaugrohr 7 zufließende, relative Füllung  $r_{fgesro}$  umgerechnet werden.

Der Teilchenstrom  $Nzuges$  setzt sich zusammen aus den Teilchenströmen  $Nzudk$ ,  $Nzutev$  und  $Nzuagr$ . Der Teilchenstrom  $Nzudk$  besteht aus Luft und fließt dem Ansaugrohr 7 über die Drosselklappe 9 zu. Der Teilchenstrom  $Nzutev$  besteht aus Regeneriergas und fließt dem Ansaugrohr 7 über die Tankentlüftungsleitung 10 zu. Der Teilchenstrom  $Nzuagr$  besteht aus Abgas und fließt dem Ansaugrohr 7 über die Abgasrückführleitung 13 zu.

Der aus dem Ansaugrohr 7 abfließende Teilchenstrom  $Nabges$  wird von dem dem Ansaugrohr 7 zufließenden Teilchenstrom  $Nzuges$  subtrahiert. Das Ergebnis wird einem In-

tegrator 15 zugeführt, der das Speicherverhalten des Ansaugrohrs 7 modelliert. Aus dem dem Integrator 15 zugeführten Teilchenstrom, also aus der zugeführten Teilchenzahl pro Zeiteinheit, erzeugt der Integrator 15 die Teilchenzahl  $Nsaugges$ . Bei dieser Teilchenzahl  $Nsaugges$  handelt es sich um diejenige Teilchenzahl, die sich im jeweiligen Zeitpunkt in dem Ansaugrohr 7 befindet.

Mit der allgemeinen Gasgleichung kann aus der Teilchenzahl  $Nsaugges$  der Druck  $p_{saug}$  im Ansaugrohr 7 ermittelt werden. Hierzu werden das Volumen  $V_{saug}$  des Ansaugrohrs 7 und die Temperatur  $t_{saug}$  der Gase im Ansaugrohr 7 berücksichtigt.

Aus dem Druck  $p_{saug}$  im Ansaugrohr 7 kann die Teilchenzahl  $N_{zylges}$  und daraus die Teilchenzahl  $N_{zylneu}$  ermittelt werden, von denen eingangs bei der Beschreibung der Fig. 2 ausgegangen worden ist.

In der Fig. 3 ist das Modell der Fig. 2 insbesondere im Hinblick auf die Verbrennung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches in dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 dargestellt.

Die in der Fig. 3 verwendeten Bezeichnungen sind im Anhang 3 erläutert. Die zu der Fig. 3 zugehörigen Gleichungen sind im Anhang 4 angegeben.

Bei jeder Ausstoßphase der Brennkraftmaschine 1 wird das Abgas  $r_{abgges}$  aus dem Brennraum 4 in das Abgasrohr 8 ausgestoßen. Dieses Abgas  $r_{abgges}$  setzt sich zusammen aus dem Frischgasanteil  $r_{fagabg}$ , dem Inertgasanteil  $r_{igabg}$  und dem Brenngasanteil  $r_{hgabg}$ . Bei dem Frischgasanteil  $r_{fagabg}$  handelt es sich um ein Gas, das für eine Verbrennung erforderlich ist, also beispielsweise um Sauerstoff. Bei dem Inertgasanteil  $r_{igabg}$  handelt es sich um ein Gas, das nicht brennbar ist, also beispielsweise um Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid. Und unter dem Brenngasanteil  $r_{hgabg}$  wird ein Gas verstanden, das beispielsweise aus Kraftstoffdampf besteht.

Bei dem Frischgasanteil  $r_{fagabg}$ , dem Inertgasanteil  $r_{igabg}$  und dem Brenngasanteil  $r_{hgabg}$  handelt es sich um relative Füllungen, die mittels einer Division durch das gesamte ausgestoßene Abgas  $r_{abgges}$  in die zugehörigen Konzentrationen  $k_{fagabg}$ ,  $k_{igabg}$  und  $k_{hgabg}$  umgerechnet werden. Dies ist in den Blöcken 19 dargestellt.

Die genannten Konzentrationen  $k_{fagabg}$ ,  $k_{igabg}$  und  $k_{hgabg}$  werden jeweils einem Totzeitglied 16 zugeführt, mit dem die Zeitdauer modelliert wird, die das Abgas benötigt, um von dem Abgasrohr 8 über die Abgasrückführleitung 13 zu dem Ansaugrohr 7 zu gelangen. Mit Hilfe der Totzeitglieder 16 wird also die Abgasrückführung über die Abgasrückführleitung 13 und das Abgasrückführventil 14 berücksichtigt. Dies stellt eine externe Abgasrückführung dar.

In Abhängigkeit von der Stellung des Abgasrückführventils 14 kann die Menge des über die Abgasrückführleitung 13 rückgeführten Abgases  $r_{fagro}$  ermittelt werden. Durch eine Multiplikation der zeitverzögerten Konzentrationen  $k_{fagabg}$ ,  $k_{igabg}$  und  $k_{hgabg}$  mit dem rückgeführten Abgas  $r_{fagro}$  ergeben sich wieder die zugehörigen relativen Füllungen. Dies ist in dem Block 20 dargestellt, mit dem die über die externe Abgasrückführung rückgeführten Anteile  $r_{fagro}$ ,  $r_{igagro}$ ,  $r_{hgagro}$  ermittelt werden. Bei diesen Anteilen handelt es sich um den dem Ansaugrohr 7 rückgeführten Frischgasanteil  $r_{fagagro}$ , Inertgasanteil  $r_{igagro}$  und Brenngasanteil  $r_{hgagro}$ .

Die Konzentrationen  $k_{fagabg}$ ,  $k_{igabg}$  und  $k_{hgabg}$  werden ebenfalls jeweils einem Totzeitglied 17 zugeführt, mit dem die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verbrennungen desselben Zylinders 3 modelliert wird.

Wie im Zusammenhang mit der Fig. 2 erläutert wurde, verbleibt bei jeder Verbrennung ein Totvolumen mit Abgas in dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1. Dieses Tot-

volumen muß bei der nächsten Verbrennung wieder berücksichtigt werden. Dies wird durch die Rückführung über die Totzeitglieder 17 erreicht und wird als interne Abgasrückführung bezeichnet.

Zusätzlich zu dem verbleibenden Totvolumen kann eine derartige Rückführung von Abgas aus dem Brennraum 4 in das Ansaugrohr 7 noch dadurch verstärkt werden, daß das Einlaßventil 5 während der Ausstoßphase der Brennkraftmaschine 1 zumindest für eine gewisse Zeitdauer geöffnet wird. Während dieser Zeitdauer wird Abgas direkt aus dem Brennraum 4 zurück in das Ansaugrohr 7 ausgestoßen. Bei dieser Abgasrückführung handelt es sich sozusagen um eine erweiterte interne Abgasrückführung, die ebenfalls bei der nächsten Verbrennung berücksichtigt werden muß. Dies wird wiederum mit Hilfe der Totzeitglieder 17 erreicht.

In Abhängigkeit von dem Totvolumen des Brennraums 4 der Brennkraftmaschine 1 und gegebenenfalls von der Steuerung des Einlaßventils 5 kann die Menge des unmittelbar rückgeführten Abgases  $r_{fgr}$  ermittelt werden. Mit Hilfe dieses Werts können dann mittels des Blocks 21 aus den zeitverzögerten Konzentrationen  $k_{fgr}$ ,  $k_{ig}$  und  $k_{bg}$  multiplikativ die über die interne Abgasrückführung rückgeführten Anteile  $r_{fgr}$ ,  $r_{igr}$ ,  $r_{bgr}$  ermittelt werden. Bei diesen Anteilen handelt es sich um den dem Ansaugrohr 7 rückgeführten Frischgasanteil  $r_{fgr}$ , Inertgasanteil  $r_{igr}$  und Brenn gasanteil  $r_{bgr}$ .

Das über die Tankentlüftungsleitung 10 dem Ansaugrohr 7 zugeführte Regeniergas  $r_{fgr}$  setzt sich aus einem Frischgasanteil  $r_{fgr}$  und einem Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  zusammen. Die gesamte Menge des Regeniergases  $r_{fgr}$  kann über die Stellung des Tankentlüftungsventils 11 ermittelt werden. In Abhängigkeit von der Konzentration des Regeniergases  $r_{fgr}$  kann dann auf die prozentualen Anteile des Frischgasanteils  $r_{fgr}$  und des Brenn gasanteils  $r_{bgr}$  geschlossen werden.

Unter anderem in Abhängigkeit von dem vorhandenen Luftdruck weist die dem Ansaugrohr 7 über die Drosselklappe 9 zugeführte Luft einen bestimmten Frischgasanteil  $r_{fgr}$  auf.

Dieser letztgenannte Frischgasanteil  $r_{fgr}$ , der Frischgasanteil  $r_{fgr}$  des Regeniergases und der Frischgasanteil  $r_{fgr}$  der externen Abgasrückführung werden addiert. Das Ergebnis wird einem Block 22 zugeführt.

Der Inertgasanteil  $r_{igr}$  der externen Abgasrückführung wird ebenfalls dem Block 22 zugeführt.

Der Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  des Regeniergases und der Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  der externen Abgasrückführung werden addiert und dann dem Block 22 zugeführt.

Wie im Zusammenhang mit der Fig. 2 erläutert worden ist, kann aus dem Teilchenstrom  $N_{zug}$  die gesamte, in das Ansaugrohr 7 zufließende relative Füllung  $r_{fgr}$  ermittelt werden. Durch Division durch diese gesamte, relative Füllung  $r_{fgr}$  werden die dem Block 22 zugeführten, teilweise durch Additionen ermittelten, relativen Füllungen in Konzentrationen umgerechnet.

Die sich ergebenden Konzentrationen werden mit Hilfe von Totzeitgliedern 18 zeitverzögert. Hierdurch wird der Transport des Gasgemisches in dem Ansaugrohr 7 modelliert. Die Totzeitglieder 18 können zusätzlich mit einem Tiefpaß versehen sein, mit dem die Vermischung während des Durchflusses des Gasgemisches durch das Ansaugrohr 7 der Brennkraftmaschine 1 modelliert werden kann. Die Totzeitglieder 18 beziehen sich dabei auf das Frischgas, das Inertgas und das Brenn gas, die zusammen das Gasgemisch in dem Ansaugrohr 7 der Brennkraftmaschine 1 bilden.

Wie im Zusammenhang mit der Fig. 2 erläutert worden ist, kann aus dem Teilchenstrom  $N_{abg}$  die gesamte, aus dem Ansaugrohr 7 abfließende, relative Füllung  $r_{fgr}$  ermit-

telt werden. Durch Multiplikation mit dieser gesamten, relativen Füllung  $r_{fgr}$  in einem Block 23 können die durch die Totzeitglieder 18 zeitverzögerten Konzentrationen wieder in relative Füllungen umgerechnet werden, und zwar in die relative Füllung  $r_{fgr}$  für das Frischgas, in die relative Füllung  $r_{igr}$  für das Inertgas und in die relative Füllung  $r_{bgr}$  für das Brenn gas.

Die externe Abgasrückführung über die Abgasrückführungsleitung 13 ist nach der Fig. 1 mit dem Ansaugrohr 7 verbunden. Aus diesem Grund werden die zu der externen Abgasrückführung zugehörigen Anteile vor den das Ansaugrohr 7 modellierenden Totzeitgliedern 18 eingekoppelt. Im Unterschied dazu erfolgt die interne Abgasrückführung unmittelbar im Brennraum 4 oder gegebenenfalls zusätzlich von dem Brennraum 4 in das Ansaugrohr 7. Aus diesem Grund werden die zu der internen Abgasrückführung zugehörigen Anteile nach den das Ansaugrohr 7 modellierenden Totzeitgliedern 18 eingekoppelt.

Der Frischgasanteil  $r_{fgr}$  und der Frischgasanteil  $r_{fgr}$  der internen Abgasrückführung werden addiert. Der sich ergebende Frischgasanteil  $r_{fgr}$  stellt das Frischgas dar, das dem Brennraum 4 zugeführt wird. Der Inertgasanteil  $r_{igr}$  und der Inertgasanteil  $r_{igr}$  der internen Abgasrückführung werden addiert. Der sich ergebende Inertgasanteil  $r_{igr}$  stellt das Inertgas dar, das dem Brennraum 4 zugeführt wird. Der Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  und der Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  der internen Abgasrückführung werden addiert. Der sich ergebende Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  stellt das Brenn gas dar, das dem Brennraum 4 zugeführt wird.

Dem Brennraum 4 wird eine relative Kraftstoffmasse  $r_k$  eingespritzt. Diese Kraftstoffmasse  $r_k$  sowie der Frischgasanteil  $r_{fgr}$ , der Inertgasanteil  $r_{igr}$  und der Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  werden im Brennraum 4 mittels einer Zündkerze gezündet und verbrannt. Aus dieser Verbrennung ergibt sich dann wieder das Abgas mit dem Frischgasanteil  $r_{fgr}$ , dem Inertgasanteil  $r_{igr}$  und dem Brenn gasanteil  $r_{bgr}$ , von denen eingangs bei der Beschreibung der Fig. 3 ausgegangen worden ist.

Das Abgas in dem Abgasrohr 8, das aus dem Frischgasanteil  $r_{fgr}$ , dem Inertgasanteil  $r_{igr}$  und dem Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  besteht, kann mit Hilfe der nachfolgenden Brenn gleichungen aus dem über das Ansaugrohr 7 dem Brennraum 4 zugeführten Gasgemisch ermittelt werden, wobei letzteres aus dem Frischgasanteil  $r_{fgr}$ , dem Inertgasanteil  $r_{igr}$  und dem Brenn gasanteil  $r_{bgr}$  besteht.

Für das Frischgas gilt:

$$r_{fgr} = r_{fgr} - r_k \cdot \eta_{vb} \cdot r_{bgr} \cdot 30$$

mit  $\max \langle \rangle = r_{fgr}$ .

$\eta_{vb}$  stellt denjenigen Anteil an der relativen Füllung des dem Brennraum 4 zugeführten Brenn gases  $r_{bgr}$  dar, der tatsächlich in dem Brennraum 4 verbrannt wird. Dieser Anteil ergibt sich daraus, daß insbesondere bei einer direkten Einspritzung der relativen Kraftstoffmasse  $r_k$  in den Brennraum 4 und einer daraus resultierenden Schichtladung gegebenenfalls nicht das gesamte, als homogene Ladung dem Brennraum 4 zugeführte Brenn gas  $r_{bgr}$  von der Zündflamme erreicht und damit verbrannt wird.

Der Faktor 30 ergibt sich aus dem stöchiometrischen Verhältnis von Frischgas zu Brenn gas, wobei – bezogen auf Butan – das Massenverhältnis 1 : 15 und das Dichteverhältnis 1 : 2 ist.

Der Klammerausdruck  $\langle \rangle$  wird von dem dem Brennraum 4 zugeführten Frischgas  $r_{fgr}$  abgezogen, da bei der Verbrennung die zugeführte Kraftstoffmasse  $r_k$  und das zugeführte Brenn gas umgewandelt und damit dem zugeführten Frischgas "weggenommen" wird.

Für das Inertgas gilt:

$$r_{figabg} = r_{figuv} + <rk \cdot \eta_{vb} \cdot r_{fhcuv} \cdot 30>$$

mit  $\max \langle \rangle = r_{ffgug}$ .

In diesem Fall wird der Klammerausdruck  $\langle \rangle$  zu dem dem Brennraum 4 zugeführten Inertgas  $r_{figuv}$  hinzugefügt, da bei der Verbrennung die zugeführte Kraftstoffmasse  $rk$  und das zugeführte Brenngas unter Bildung von Abgas umgewandelt wird und damit mehr Inertgas entsteht.

Für das Brenngas gilt:

$$r_{fhcagb} = r_{fhcuv} \cdot (1 - \eta_{vb}) + <(rk + \eta_{vb} \cdot r_{fhcuv} \cdot 30) - (r_{ffgug}/30)>$$

mit  $\min \langle \rangle = 0$ .

Das Brenngas  $r_{fhcagb}$  ist einerseits um den tatsächlich in dem Brennraum verbrannten Anteil verringert. Andererseits wird mit dem Klammerausdruck  $\langle \rangle$  eine Korrektur durchgeführt, die insbesondere bei einem fetten Gemisch erforderlich ist.

Insgesamt werden auf diese Weise mit den Brenngleichungen die im Abgasrohr 8 enthaltenen Frischgasanteile  $r_{ffgagb}$ , Inertgasanteile  $r_{figagb}$  und Brenngasanteile  $r_{fhcagb}$  ermittelt.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die genannten, im Abgasrohr 8 enthaltenen Frischgasanteile  $r_{ffgagb}$ , Inertgasanteile  $r_{figagb}$  und Brenngasanteile  $r_{fhcagb}$  mit Hilfe von Sensoren zu ermitteln, die im Abgasrohr 8 angeordnet sind.

$N_{zylneu}$  = dem Ansaugrohr 7 bei einem Hub des Zylinders 3 entnommene Teilchenzahl, Einheit: kmol

$N_{zylirg}$  = im Zylinder 3 von letzter Verbrennung noch vorhandene Teilchenzahl, Einheit: kmol

$N_{zylges}$  = vom Zylinder 3 insgesamt bei einem Hub ansaugbare Teilchenzahl, Einheit: kmol

$V_{tot}$  = Totvolumen des Zylinders 3, Einheit:  $m^3$

$V_{hub}$  = Hubvolumen des Zylinders 3, Einheit:  $m^3$

$p_{saug}$  = Druck im Ansaugrohr 7 bei geschlossenem Einlaßventil 5, Einheit:  $N/m^2$

$t_{saug}$  = Temperatur im Ansaugrohr 7 bei geschlossenem Einlaßventil 5, Einheit: K

$V_{saug}$  = Volumen des Ansaugrohrs 7, Einheit:  $m^3$

$N_{saugges}$  = im Ansaugrohr 7 enthaltene Teilchenzahl, Einheit: kmol

$N_{zuges}$  = dem Ansaugrohr 7 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

$N_{abges}$  = aus dem Ansaugrohr 7 pro Zeiteinheit abgesaugte Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

$N_{zutev}$  = über Tankentlüftungsventil 11 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

$N_{zudk}$  = über Drosselklappe 9 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

$N_{zuagr}$  = über Abgasrückführventil 14 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

$n_{mot}$  = Drehzahl der Brennkraftmaschine 1, Einheit: 1/min

$r_{fges}$  = gesamte, relative Füllung aus dem Ansaugrohr 7, Einheit: %

$r_{fgesro}$  = gesamte, relative Füllung in das Ansaugrohr 7, Einheit: %

$t_{bres}$  = Temperatur im Brennraum 4 bei schließendem Einlaßventil 5, Einheit: K

$t_{bras}$  = Temperatur im Brennraum 4 bei schließendem Auslaßventil 6, Einheit: K

$p_{abg}$  = Druck im Abgasrohr 8, Einheit:  $N/m^2$

$T$  = Zeit, Einheit: sec

$R$  = Gaskonstante:  $8314 \text{ Nm/kmol} \cdot \text{K}$

$K$  = Konstante:  $120 \text{ sec/min}$

$N_{zylneu}$  =  $N_{zylges} - N_{zylirg}$

$N_{zylges} = (p_{saug} \cdot (V_{tot} + V_{hub})) / (R \cdot t_{bras})$

5  $N_{zylirg} = (p_{abg} \cdot V_{tot}) / (R \cdot t_{bras})$

$N_{abges} = (N_{zylneu} \cdot n_{mot}) / K$

$N_{saugges} = (N_{zuges} - N_{abges}) \cdot T$

$p_{saug} = (N_{saugges} \cdot t_{saug} \cdot R) / V_{saug}$

$N_{zuges} = N_{zutev} + N_{zudk} + N_{zuagr}$

10  $r_{ftero}$  = gesamte relative Füllung, von Tankentlüftung

zum Ansaugrohr

$r_{ffgtero}$  = relative Füllung, Frischgas, von Tankentlüftung

zum Ansaugrohr

$r_{fhctero}$  = relative Füllung, Brenngas, von Tankentlüftung

15 zum Ansaugrohr

$r_{ffgdkro}$  = relative Füllung, Frischgas, von Drosselklappe

zum Ansaugrohr

$r_{fagro}$  = gesamte relative Füllung, von externer AGR zum

Ansaugrohr

20  $r_{ffgagro}$  = relative Füllung, Frischgas, von externer AGR

zum Ansaugrohr

$r_{figagro}$  = relative Füllung, Inertgas, von externer AGR

zum Ansaugrohr

$r_{fhcagro}$  = relative Füllung, Brenngas, von externer AGR

25 zum Ansaugrohr

$r_{fabgges}$  = gesamte, relative Füllung, Abgas

$r_{ffgagb}$  = relative Füllung, Frischgas im Abgas

$r_{figagb}$  = relative Füllung, Inertgas im Abgas

$r_{fhcagb}$  = relative Füllung, Brenngas im Abgas

30

$k_{fgabg}$  = Konzentration Frischgas im Abgas

$k_{igabg}$  = Konzentration Inertgas im Abgas

$k_{hcabg}$  = Konzentration Brenngas im Abgas

$r_{ffg}$  = relative Füllung, Frischgas

$r_{fig}$  = relative Füllung, Inertgas

35

$r_{fhc}$  = relative Füllung, Brenngas

$r_{ffgigr}$  = relative Füllung, Frischgas, von interner AGR

$r_{figigr}$  = relative Füllung, Inertgas, von interner AGR

$r_{fhcigr}$  = relative Füllung, Brenngas, von interner AGR

$r_{fgr}$  = gesamte relative Füllung, von interner AGR

$r_{ffgugv}$  = relative Füllung, Frischgas, zum Brennraum

$r_{figugv}$  = relative Füllung, Inertgas, zum Brennraum

$r_{fhcugv}$  = relative Füllung, Brenngas, zum Brennraum

$rk$  = relative Kraftstoffmasse

40

$r_{fgesro} = r_{ffgtero} + r_{ffgdkro} + r_{ffgagro} + r_{figagro} +$

$r_{fhctero} + r_{fhcagro}$

$r_{fges} = r_{ffg} + r_{fig} + r_{fhc}$

$r_{ftero} = r_{ffgtero} + r_{fhctero}$

$r_{ffgugv} = r_{ffg} + r_{ffgigr}$

$r_{figugv} = r_{fig} + r_{figigr}$

50

$r_{fhcugv} = r_{fhc} + r_{fhcigr}$

$r_{fgr} = r_{ffgigr} + r_{figigr} + r_{fhcigr}$

$r_{fabgges} = r_{ffgagb} + r_{figagb} + r_{fhcagb}$

$k_{fgabg} = r_{ffgagb} / r_{fabgges}$

$k_{igabg} = r_{figagb} / r_{fabgges}$

55

$k_{hcabg} = r_{fhcagb} / r_{fabgges}$

$r_{fagro} = r_{ffgagro} + r_{figagro} + r_{fhcagro}$

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei Luft über eine Drosselklappe (9) einem Ansaugrohr (7) zugeführt und Abgas von einem Abgasrohr (8) über eine Abgasrückführung dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gasgemisch in dem Ansaugrohr (7) zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine (1) in einen Frischgasanteil ( $r_{ffgagb}$ ), einen Inertgasanteil ( $r_{figagb}$ ) und einen



Brenngasanteil (rfhcabg) aufgeteilt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas von dem Abgasrohr (8) über eine externe Abgasrückführung (13, 14) dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, und daß die externe Abgasrückführung (13, 14) durch jeweils eine auf den Frischgasanteil (rffgabg), den Inertgasanteil (rfigabg) und den Brenngasanteil (rfhcabg) einwirkende erste Totzeit (16) berücksichtigt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas von dem Abgasrohr (8) über eine interne Abgasrückführung (4, 5) dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, und daß die interne Abgasrückführung (4, 5) durch jeweils eine auf den Frischgasanteil (rffgabg), den Inertgasanteil (rfigabg) und den Brenngasanteil (rfhcabg) einwirkende, zweite Totzeit (17) berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des über die externe Abgasrückführung (13, 14) rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Abgasrückführventils (14) ermittelt wird, und/oder daß die Menge des über die interne Abgasrückführung (4, 5) rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Einlaßventils (5) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Regeniergas von einer Tankentlüftung (10, 11, 12) dem Ansaugrohr (7) zugeführt wird und daß das Regeniergas in einen Frischgasanteil (rffgtero) und einen Brenngasanteil (rfhctero) aufgeteilt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 2 und Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile der externen Abgasrückführung (rffgagro) und der Tankentlüftung (rffgtero) addiert werden und daß die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung (rfhcagro) und der Tankentlüftung (rfhctero) addiert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des über die Tankentlüftung (10, 11, 12) zugeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Tankentlüftungsventils (11) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Frischgasanteil (rffgdkro) der über die Drosselklappe (9) zugeführten Luft zu den Frischgasanteilen der externen Abgasrückführung (rffgagro) und ggf. der Tankentlüftung (rffgtero) hinzuaddiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Ansaugrohr (7) durch jeweils eine auf die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der Abgasrückführung (13, 14) und der über die Drosselklappe (9) zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung (10, 11, 12) einwirkende Totzeit (18) und ggf. durch eine Filterung berücksichtigt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung (13, 14) und der über die Drosselklappe (9) zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung (10, 11, 12) und die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der internen Abgasrückführung (4, 5) jeweils addiert werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr (8) mit Hilfe von Brenngleichungen aus

den Frischgasanteilen, den Inertgasanteilen und den Brenngasanteilen des Gasgemisches im Ansaugrohr (7) ermittelt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr (8) mit Hilfe von im Abgasrohr (8) angeordneten Sensoren ermittelt werden.

13. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory, für ein Steuergerät der Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 geeignet ist.

14. Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einer Drosselklappe (9), über die Luft einem Ansaugrohr (7) zuführbar ist, mit einer Abgasrückführung (13, 14), über die Abgas von einem Abgasrohr (8) dem Ansaugrohr (7) rückführbar ist, und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine (1), dadurch gekennzeichnet, daß durch das Steuergerät das Gasgemisch in dem Ansaugrohr (7) zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine (1) in einen Frischgasanteil (rffgabg), einen Inertgasanteil (rfigabg) und einen Brenngasanteil (rfhcabg) aufteilbar ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

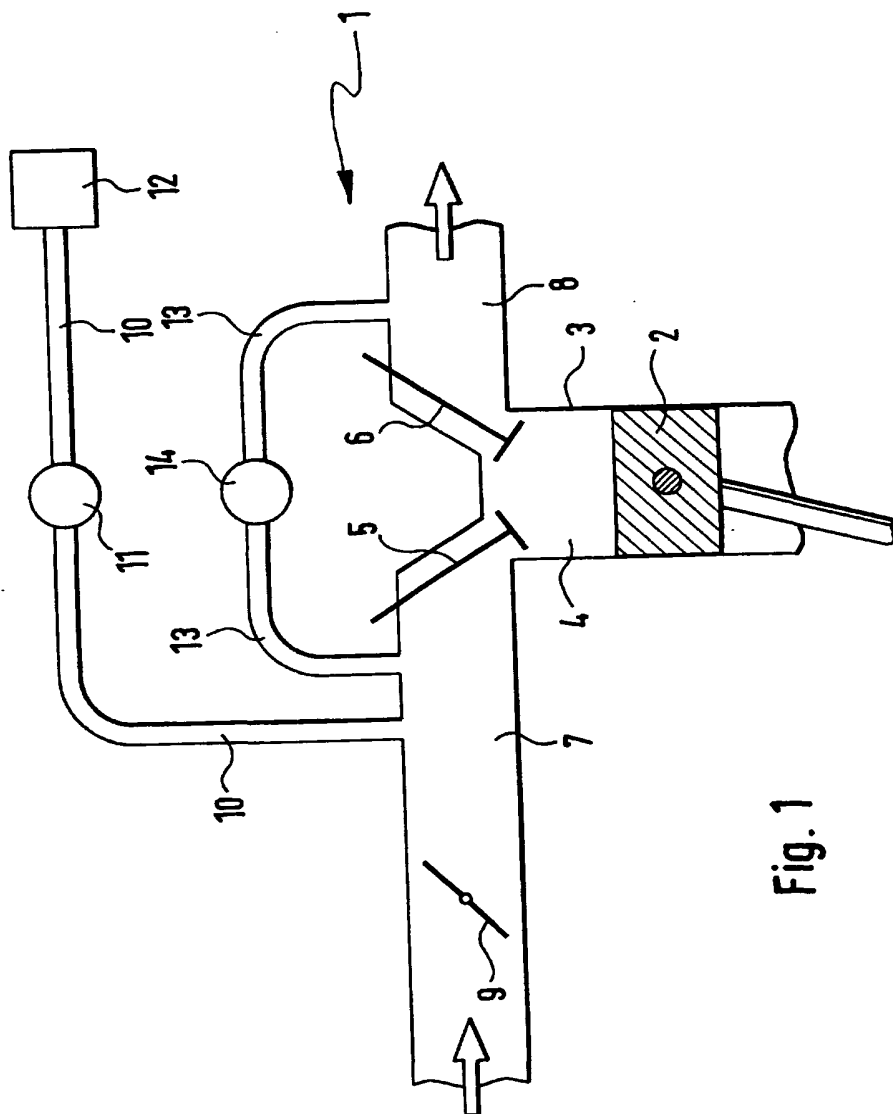
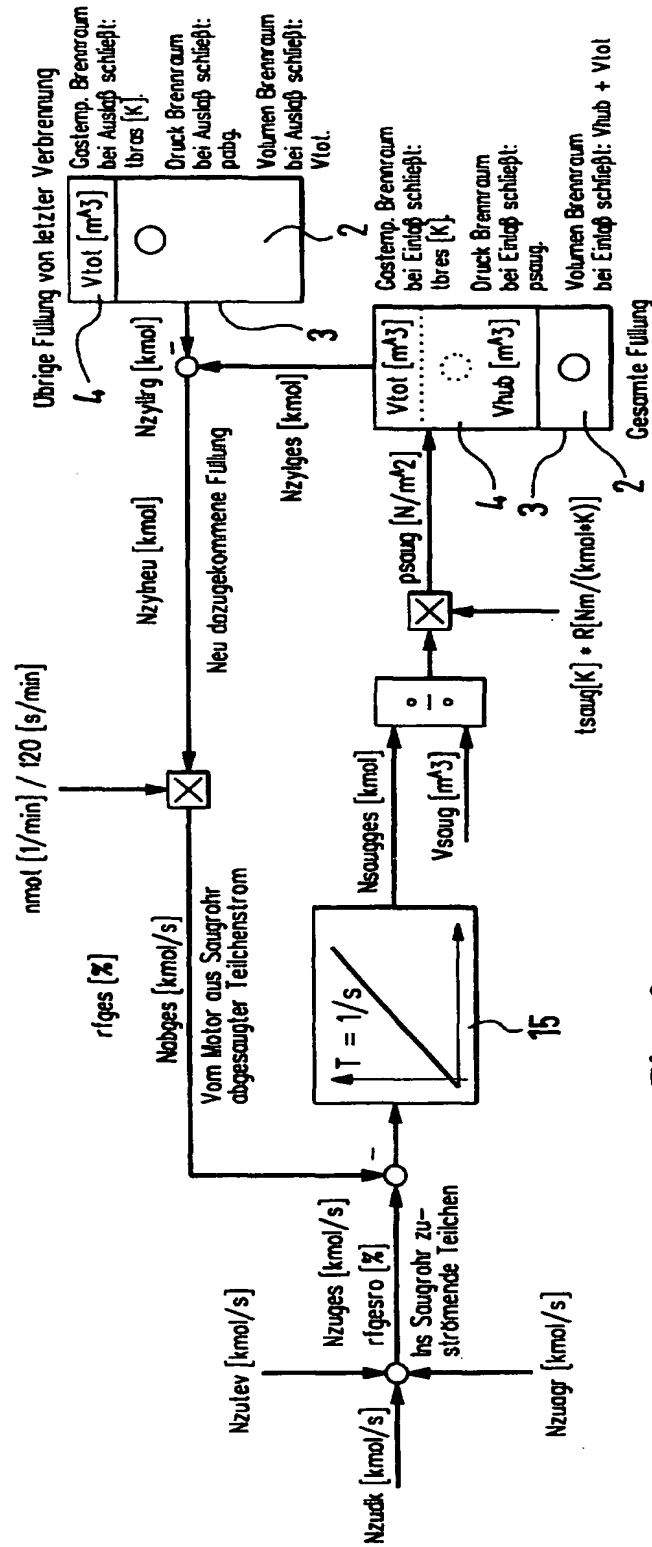


Fig. 1



**Fig. 2**

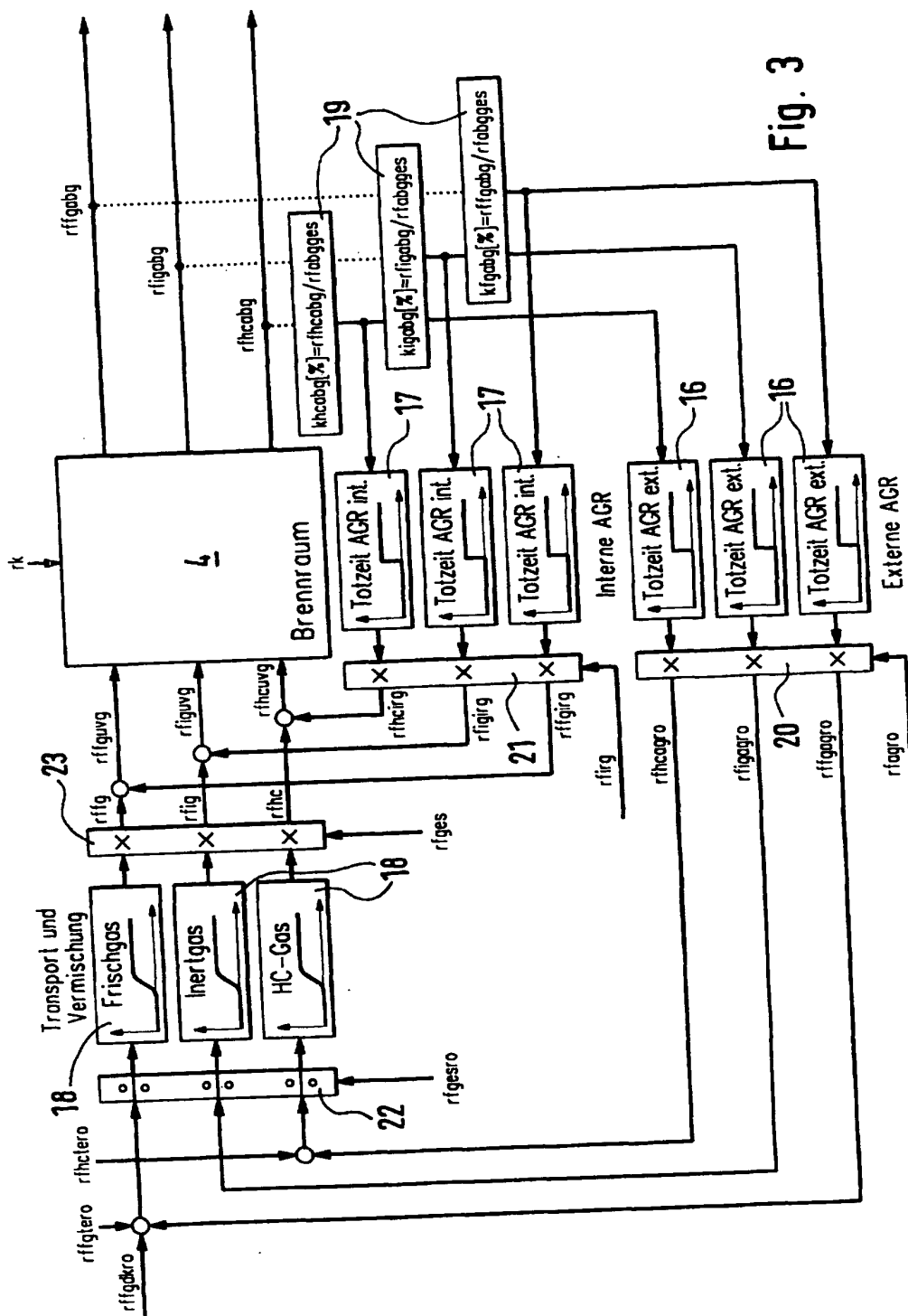


Fig. 3